

手作業のできる自律型水中ロボット (AUV) 技術

正員 小川 洋司*

Handling technology for AUV

by Yoji Ogawa, Member

Key Words: AUV, Handling, Arm, Manipulation, Intelligent.

1. 結 言

2005年8月上旬の魚網に絡めとられたロシアの小型潜水艇 AS-28 の救助活動でも特徴的であったが、海中での手作業には多くのニーズが存在する。世界各国の ROV が救助活動に参加し、結局経験の豊富な英国クルーが魚網を切断し、AS-28 を開放した。AUV は長期間海中を自律走行し、海底面や海中の状態を探索・計測することを主なミッションとしている。過去10年間に、IT や燃料電池技術の急速な進展と価格の低下及びソフトウェア実装技術の進展、更にはロボットに代表される知識工学と制御技術の驚異的な進展により、AUV の開発も新しいフェーズに入りつつある。AUV による探索・計測活動の範囲をより進展されるキーテクノロジーである、手作業の可能性について検討した。

2. AUV の目的と特徴

AUV のミッションは、海底面あるいは海中状態の探索や計測であることが多く、長距離を効率的に自律航行することが主題となる。このため、推進効率の向上、燃費の向上、位置、姿勢、深度を正確に認識・制御することが重要な研究課題である。また、画像を中心とする計測したデータは、AUV に蓄積し、記録して航行終了後回収することが多い。運行計画の確認とその結果による変更を考慮するために重要な部分を自動解析し、圧縮したデータのみをミッションの途中で母船に通信することも多い。映像データや化学分析データが多く蓄積されるのに伴い、より詳細なデータの収集への欲求も高まっており、観測対象を直接に捕獲・採集する技術の開発に期待が寄せられている。

3. AUV の手作業の問題点と開発課題

3.1 ROV と AUV の比較

ROV の場合には、動力や制御信号を母船からケーブルを介して供給することが主流となる。必然的に、母船のオペレータの操作を容易かつ確実にするための各種技術、例えば力感覚のフィードバック、ROV の位置制御の自動化などが重要な開発項目となる。構造もパイプによるフ

レーム構造を持ち、大きな加重に耐えうる構造となっており、静止作業に適した能力が求められており、高速走行性能や推進効率などは犠牲にされる場合が多い。

一方、AUV では、推進性能と潜航持続能力などが主要な課題となり、手作業を行わせるためには、これらの性能を犠牲にせざるを得なくなる。例えば、航行時にはアームを収納して、運動抵抗を軽減させる必要がある。フレーム構造の ROV では、アームの収納はさほど困難な課題ではないが、AUV の場合には、作業に必要なアームの自由度、到達範囲、作業時の姿勢保持能力を確保した条件で、船体内部にアームを収納できる構造にするには多くの困難がある。また、構造上ローリングに対する安定性はあまり高くなく、アームの動きあるいはアームで把持した対象物の加重により、作業時の船体姿勢制御が不安定になることも問題となる。Table1 に両者の特徴を示す。

Table 1 Comparison of AUV & ROV

AUV	ROV
Long distance voyage	Station keeping
Fish structure	Box frame structure
Light duty process	Hard duty process
Academic program	Pragmatic work

3.2 認識機能

手作業は一連の航海の目的により決定されるが、作業もしくは観察対象を探して、それが目標物かどうかを確認することが第一の仕事となる。Table2 代表的な手順を示す。

Table 2 Tasks and procedures for underwater robot

Initial cruise (Reach to working area)
Detect target and set station positioning
Set arm to handle
Do work (Handling)
Set back arm to voyage
Return cruise
(return home or move to next area & repeat)

* 独) 産業技術総合研究所

原稿受付 平成17年10月5日

秋季講演会において講演 平成17年11月24, 25日

©日本船舶海洋工学会

航行している時にはアームは格納し、静止して作業を

する時にはアームを作業できるようにセットすることになる。対象物の認識についても同様な手順が要求される。航行時には本体に設置されたカメラにより周囲の観察を行い、対象物候補が認識された時点で、より詳細な観察が必要となり、この時点では、観察系を船体の外部に繰り出して観察することが重要となる。

母船のオペレータによる操作と認識が不可能な AUV の手作業では、対象物の認識と形状及び位置の確実な同定が必須となる。また、海底面の物体の回収では、アームの運動により海底面の堆積物がまきあがり、視認が困難になる場合もある。このように汚濁により、目視が困難な状況では、散乱がおきにくい超音波による補助的な撮像技術も必要となる。

AUV に固定した撮像系のみでは、障害物の存在や空間的分解能の不足で、対象物形状の三次元的な同定ができない危険性が高い。この問題の解決のためには、対象物の周囲を自由に移動できる超小型カメラが要求される。数m程度の長さの光ケーブルで接続されたソフトボール程度の大きさのカメラが、AUV 本体から離れて自由に運動し、さまざまな角度から映像を取得できれば、画像情報の質は格段に向上する。アームの制御に連動させる場合には、船外活動を行うカメラの運動制御技術と、このカメラの映像と AUV 本体の映像とをリアルタイムに解析して、対象物の位置と形状情報を認識する技術の開発とが重要となる。

人間が動きながら風景を眺める場合には、人間を基点に考えると映像情報は人間の運動に伴い大きく変動するはずであるのに、実際には周囲は不動で人間が移動している状況を正確に見ている。カメラによる撮像系、では、このような全体座標系により認識することはできず、人間の車酔いと同じ現象となる。このような情報処理を効率的に解決する技術の研究は、人間の視覚認識機構の解明につながる可能性も高い。

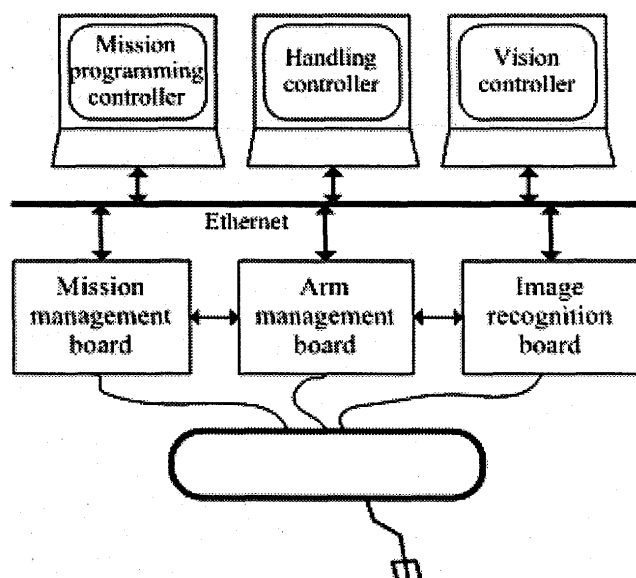


Fig.1 Function of AUV work

Fig.1 に船体の制御とアームの制御および観察系の制御の概念図を示す。これらが自律的に協働して動作する必要がある、なおかつ個々の動作も自律的に行う必要があるために、全体を統括する制御系も必要となる。実際に

は、複数のカメラを協調して画像を取得し、統一的な座標系で対象物を認識して位置を同定するなど、非常に知的な認識技術の開発が必要である。

3.3 把持機構

把持機構と腕の運動制御の面では、ハンドリング機構の自由度・剛性・アーム長など、が課題となる。ROV では初期の油圧駆動から、7自由度の電気駆動アームへと移行しており、制御に関しても自動化が促進されている。しかしこれらのアームは重作業を目的とした構造であり、AUV への搭載は現実的でない。このように、捕獲・採集を目的とした AUV の手作業は、機構・機能的に AUV のミッションに対立する問題点が山積しているが、技術的には興味深く、面白い研究要素は非常に多い。技術の実装と言う観点からも、興味深い。パフォーマンス・コスト・開発期間のバランスを如何に調和させるかという観点では、技術マネジメントの能力を向上させる好ターゲットともなっている。

問題は、この課題をメイン・ターゲットにできるのは、一部の学術研究機関のみという点にある。現実問題としては、調査対象、作業対象(目的)に応じて、手作業に要求される部分が大きく異なり、どうしても即物的な対処が優先されることになる。その時点でほぼ完成されている各種の技術をピックアップして実装することになり、将来を見越した個々の要素技術の開発は後回しになりがちとなる。

陸上の人間型ロボットの開発では、技術力の向上を観衆に PR する機会も多く、開発競争を促進させるインセンティブは多数存在するのに対して、海中作業の手作業の開発では、対応すべき課題は人間型ロボットより各段に多い上に、その性能を PR する機会はほとんどない点が大きな障害となっている。しかし、海、特に未知の深海を、観察したいという人間の欲求は大きく、深海の興味深い状況を、ハンドリングによりきめ細かく探索している臨場感豊かな映像を提供できるようなシステムを考えれば、プロジェクトとして確立できる可能性はあると考えている。

4. 結言

AUV の手作業は、海底面の学術探査能力の向上に大きく寄与する。既存の技術の集大成でも高性能な作業が可能となるが、将来的な発展を考慮すると、戦略的な開発体制の確立が重要となる。

ソフト面では、作業のための環境情報の統合技術や自律的運動学習法など、自律性の範囲と支援体制とのバランスをとった開発が重要であり、エネルギーと情報インフラ整備と故障・事故時の対応も欠かせない。

ハード面では、アームの機能の特化による軽量化と工具交換による拡張性および冗長性とのバランスが重要な課題となる。

参考文献

- 1) <http://www.inrialpes.fr/iramr/pub/Orcad/ExempleIframe/intro-eng.html>.
- 2) <http://sun-valley.stanford.edu/papers/CosteManiereW:96a.pdf>
- 3) <http://www.icra2005.org/frontal/ProgTodo.asp>.
- 4) <http://www.grauhull.com/robotics.php>